

УДК 639.3:635.01:57.044

А.В. КОЗЫРЬ

преподаватель-стажер

кафедры промышленного рыбоводства и переработки рыбной
продукции¹

Л.С. ЦВИРКО, д-р биол. наук, профессор,
заведующий кафедрой промышленного рыбоводства
и переработки рыбной продукции¹

¹Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь

Статья поступила 15 апреля 2019г.

**ВЛИЯНИЕ АКВАПОННОГО МОДУЛЯ НА СОДЕРЖАНИЕ
АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТЕПЛОВОДНЫХ УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ
КЛАРИЕВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)**

В данной статье впервые представлены экспериментальные данные о влиянии аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) при выращивании клариевого сома. Установлено, что при использовании модуля концентрация аммиак-аммония в УЗВ снизилась в 3,3 раза, концентрация нитритов снизилась в 3,5 раза, а нитратов – 2,06 раза.

Ключевые слова: аквапоника, аквапонный модуль, NFT, азотистые соединения, промышленное рыбоводство, установка замкнутого водоснабжения, клариевый сом.

KOZYR Alexey V., trainee teacher¹

TSVIRKO Lydia S., Dr. Biol. Sc., Professor¹

¹Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

**INFLUENCE OF THE AQUAPONIC MODULE ON THE CONTENT
OF NITROGENOUS CONNECTIONS IN THE WARM-WATER INSTALLATIONS
OF THE CLOSED WATER SUPPLY AT CULTIVATION OF *CLARIAS GARIEPINUS***

In this article there is experimental data about the influence of the AQUAPONIC module on the contents of ammonia-ammonium, nitrites and nitrates in the installations of the closed water supply at cultivation of CLARIAS GARIEPINUS, impact of these substances on the subject of cultivation is also described. It is established that use of this module allows to reduce concentration of nitrogenous substances more than twice.

Keywords: aquaponics, aquaponic nft module, nitrogen compounds, industrial fish farming, RAS, african catfish.

Введение. Современная аквакультура представлена 1/3 рыбопродукции на мировом

рынке. Ежегодная потребность внутреннего рынка Республики Беларусь в рыбной про-

дукции составляет 120 – 150 тыс. тонн или 13 – 16 кг на человека, при медицинской норме от 16 до 24 кг. В связи с этим в Беларуси имеется большой потенциал для развития рыбной отрасли и насыщения внутреннего рынка новыми объектами аквакультуры. Для того чтобы сохранить видовое разнообразие гидробионтов и значительно увеличить долю выращиваемой рыбы на мировом рынке, необходимо активнее развивать индустриальную аквакультуру [2].

При этом важно полностью использовать все возможности индустриальной аквакультуры. К примеру, технические воды с рыбоводных емкостей богаты питательными веществами и отлично подходят для выращивания гидробионтов в сочетании с растениями. Данная технология называется аквапоницией. В установках данного типа все климатические воздействия регулируются и не позволяют изменениям внешних факторов сказаться на результатах [7, с. 28]. В настоящее время в условиях недостаточного снабжения рыбопродукцией населения многих стран внедрение таких комплексов в аквакультуру является своевременным и актуальным.

При этом высокие концентрации азотистых соединений в воде несут пагубное влияние на выращиваемых гидробионтов [13, с. 24]. Даже при значениях близких к предельно допустимым концентрациям (ПДК) ухудшается общее самочувствие гидробионтов, ослабляется иммунитет, наблюдается вялость, возникают проблемы с поедаемостью и усвоением кормов [16, с. 129].

Несъеденный корм, в свою очередь, приводит к чрезмерным нагрузкам на систему механической и биологической фильтрации, а также к дополнительным экономическим расходам [17, с. 24]. Повышенная концентрация азотистых соединений приводит к уменьшению оплаты корма и к снижению темпов массонакопления гидробионтов [18, с. 78].

Соответственно, разработка способов дополнительной биологической фильтрации воды, которые обеспечат снижение концентрации азотистых соединений и позволят увеличить плотность посадки гидробионтов, повысить темпы массонакопления и обеспечить полное потребление кормов в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), является актуальной.

Одним из наиболее перспективных объектов тепловодной аквакультуры является клариевый сом (*Clarias gariepinus* B., 1868). Дан-

ный вид обладает большой плодовитостью: 10 – 18 тысяч икринок на килограмм живой массы; высоким темпом роста: товарной массы в 1 кг достигает за 6 – 7 месяцев; устойчив к изменениям гидрохимического режима: наличие клариев, зачаточного легкого, позволяют дышать атмосферным воздухом, что делает его менее уязвимым к содержанию растворенного кислорода в воде [4, с. 30]. Сом является хищником и требователен к проценту протеина в корме. Чем выше процент протеина и его качество, тем выше темп роста. Но существует еще один фактор, влияющий на питание, и, как следствие, на рост рыбы в УЗВ – содержание азотных соединений: аммонийного азота, свободного аммиака, нитритов и нитратов [5, с. 186]. Повышенное содержание данных соединений может привести к ухудшению охоты питания рыбы, что, в свою очередь, существенно повысит кормовой коэффициент и приведет к экономическим убыткам предприятия [11, с. 66]. Несъеденный комбикорм может стать существенной угрозой системы водоочистки УЗВ: с увеличивающейся нагрузкой может не справляться как механический фильтр, так и фильтр биологической очистки [10, с. 13]. Если своевременно не снизить норму кормления и не устранить причину повышения содержания азотных соединений, то их уровень может достичь ПДК, что послужит причиной гибели большого поголовья [3]. Чтобы понизить концентрацию азотных соединений, необходимо обеспечить подмену воды в рыбоводных емкостях, что отрицательно скажется на экономической деятельности рыбоводного предприятия [15, с. 15].

Контроль уровня нитратов обеспечивается с помощью 3-х известных методик.

1) Подмен воды в рыбоводных емкостях необходим, но с повышением уровня нитратов объем необходимо увеличивать в разы, что существенно сказывается на экономической эффективности предприятия.

2) Использование денитрифицирующих камер. Метод является анаэробным и необходимо присутствие хемогетеротрофных бактерий, которые обеспечивают превращение нитрат в газообразный азот. Использование данных камер требует наличия специфического оборудования и в условиях УЗВ малоизучено, также способ несет дополнительную экономическую нагрузку.

3) Фитофильтрация. Используется система цветущей воды, водорослей, но такую систему тяжело контролировать, чтобы цвете-

ние воды не распространялось по всей УЗВ. Данная технология не является экономически эффективной. Еще один способ фитофльтрации – аквапоника, гидропонный растительный модуль, подключенный к УЗВ. Питательным раствором для растений выступает вода, прошедшая очистку в биофилтре. Данная технология позволяет существенно снизить уровень нитратов в воде, а также за счет получаемой фитопродукции повысить рентабельность рыбоводного предприятия [19, с. 13]. Данная технология в Республике Беларусь не используется и требует дополнительного изучения.

Методика и объекты исследования. Аквапоника – один из комбинированных симбиотических высокотехнологичных способов ведения сельскохозяйственных работ, сочетающих получение растительных продуктов питания на гидропонной основе в сочетании с индустриальным рыбоводством, воды которого обеспечивают растения органическими выделениями в качестве естественных удобрений [8, с. 66].

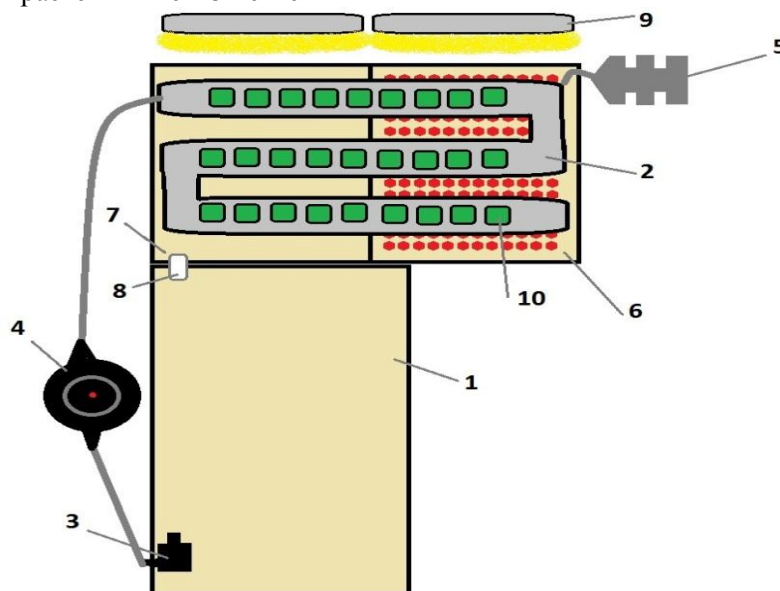
Первые прототипы аквапонных модулей появились еще в 1975 году, вода из рыбоводных емкостей подавалась на лотки с растениями. Идея была такова: источником питательных веществ для растений являлись бы сточные воды из рыбоводных емкостей [1, с. 16]. На протяжении месяца наблюдалось ухудшение состояния растений в связи с не-

достатком питательных веществ. Причина была в том, что уровень азота в воде был недостаточен для нормального питания растений. Это показало ученым, что необходим строгий баланс между всеми компонентами симбиотической системы:

- объемом рыбоводных емкостей;
- плотностью посадки гидробионтов;
- биологическими особенностями гидробионтов;
- рационом и нормами кормления гидробионтов;
- видами выращиваемой фитопродукции;
- гидрохимическими показателями УЗВ;
- формами и способами выращивания фитопродукции в аквапонном модуле;
- световым и воздухо-циркуляционным режимами;
- строгим контролем гидрохимических показателей и их оперативным изменением.

Соблюдение всех вышеперечисленных требований позволит получить максимальную производительность как гидробионтов, так и фитопродукции.

Исследования по влиянию аквапонного модуля на концентрацию азотистых соединений в УЗВ проводились в Республике Беларусь впервые на базе учебной аквариальной лаборатории Полесского государственного университета в 2018 году.



1 – рыбоводные емкости, 2 – аквапонный NFT модуль, 3 – погружной насос,
4 – напорный фильтр, 5 – компрессор, 6 – биофильтр, 7 – отстойник, 8 – гофра для соединения емкостей, 9 – светильники, 10 – горшки с растениями

Рисунок 1 – Опытная аквапонная установка и ее составные элементы

Для проверки системы фитофильтрации по снижению уровня нитратов в рыбоводных емкостях была разработана опытная аквапонная установка, состоящая из следующих составных частей:

- 1) рыбоводные емкости;
- 2) биологический фильтр и отстойник;
- 3) аквапонный модуль;
- 4) система механической фильтрации и циркуляции воды;
- 5) система аэрации.

Рыбоводные емкости были зарыблены сеголетками африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), полученного в условиях аквариальной лаборатории ПолесГУ, средней навеской 0,693 кг. Общая биомасса экспериментальной группы составила 42,3 кг.

Объект исследования содержался в рыбоводных емкостях из полипропилена объемом 0,5 м³ каждая, размерами 2000X600X500 мм. [9, с. 171]. Биологическую очистку обеспечивал биофильтр объемом 0,25 м³, находящийся совместно с отстойником, объем которого также равен 0,25 м³.

Необходимый температурный режим поддерживался с помощью автоматических термонагревателей BOYU HT-8300 на уровне 26±1 °С. Аэрацию обеспечивал электромагнитный воздушный компрессор BOYU ACQ-007 мощностью 100 Вт и расходом воздуха 110 л/мин. Водообмен обеспечивался с помощью погружного насоса ЕНЕИМ 7000 с циркуляционной мощностью 7000 л/ч. Для механической очистки воды использовался напорный фильтр BOYU EFU-10000 объемом 35 литров со встроенным ультрафиолетовым стерилизатором мощностью 13 Вт.

Разработанный аквапонный модуль (АМ) работал по принципу техники питательного слоя (NFT). Он состоял из 3 секций, которыми являлись трубы длиной 2 метра и диаметром 110 мм. Все три секции сообщались между собою: подающаяся из рыбоводных емкостей с помощью насоса на третью секцию вода самотеком подавалась на вторую, а далее на первую секцию, после чего вода попадала в биофильтр. Каждая из секций имела 9 отверстий размером 90X90 мм. Все отверстия для посадки растений были пронумерованы секционно и имели порядковый номер от 1 до 9: секция 1 – А1...А9, секция 2 – В1...В9, секция 3 – С1...С9.

Освещение обеспечивали 8 LED-ламп мощностью 9.0 W и цветовой температурой светового потока 6500 К. Световой день со-

ставлял 9 часов. Для посадки растений использовались горшки для гидропоники размером 90X90 мм. Наличие множества отверстий у дна позволяет активно развиваться корневой системе и обеспечивает хороший контакт с питательным раствором. В качестве субстрата использовалась смесь керамзита и агроперлита в объемном соотношении 1 к 1. В фитофильтр было посажено 27 кустов земляники садовой сорта Альбион (возраст – 2 года).

Кормление производилось комбикормом марки К-115.2 производства ОАО «Жабинковский комбикормовый завод». Массовая доля сырого протеина – 42 %, сырого жира – 12 %, сырой клетчатки 3 %. Суточный рацион кормления составлял 3 % от биомассы (расход 1300 грамм корма в сутки) при кратности кормления 2 раза в день.

Температура воды в рыбоводных емкостях измерялась с помощью электронного термометра Tetra TH Digital.

В ходе проведения эксперимента контролировались следующие гидрохимические показатели: уровень нитратов (NO₃⁻), уровень аммиак-аммония (NH₃/NH₄⁺), уровень нитритов (NO₂⁻), водородный показатель (рН).

Для определения уровня содержания азотистых соединений использовались экспресс-тесты для аквариумной воды производства «НИЛПА». Уровень содержания азотистых соединений контролировался раз в два дня.

Для контроля водородного показателя (рН) использовался электронный рН-метр PH-009 (АТС).

Обработка полученных данных проводилась с использованием программ STATISTICA 10.0.1011.0 и Microsoft Office Excel.

Исследования по контролю гидрохимических показателей проводились в два этапа. Каждый этап длился 30 дней. На каждом этапе было проведено 15 гидрохимических тестов на определение концентрации азотистых соединений и рН. Первый этап включал в себя проверку гидрохимических показателей в УЗВ без использования аквапонного модуля. После проведения первого этапа была произведена очистка рыбоводных емкостей и фильтров. Вода в УЗВ была полностью заменена, были изучены гидрохимические показатели заливаемой воды.

Во втором этапе к УЗВ был подключен аквапонный модуль с уже посаженными и адаптировавшимися растениями.

Результаты и их обсуждение. В ходе проведения эксперимента в установке без АМ наблюдалось ухудшение состояния гидробионтов: сом был малоподвижен, всплывал лишь за атмосферным кислородом, потребление корма уменьшилось, что привело к значительному снижению оплаты корма. Противоположная ситуация наблюдалась в установке с АМ: сом был активен, охотно потреблял корма. Результаты гидрохимических показателей представлены в таблице 1.

Анализируя полученные результаты, можно утверждать, что использование аквапонного модуля имеет значительное влияние на все гидрохимические показатели воды в УЗВ. Водородный показатель pH без использования аквапонной установки находился на среднем значении $7,63 \pm 0,03$, что допускается нормой. Но более кислотная среда, сложившаяся в установке с аквапонным модулем, показатель pH которой равен $7,05 \pm 0,03$, является более благоприятной средой для роста и жизнедеятельности бактерий в биофилтре,

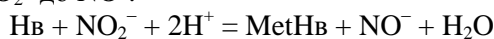
что, в свою очередь, позволило снизить концентрацию азотосодержащих веществ в УЗВ.

Высокие концентрации аммиак-аммония несут пагубное воздействие на жизнедеятельность и развитие рыб. Непосредственный контакт аммиака с рыбой происходит через активно циркулирующую на жаберных лепестках кровь. Чтобы сократить попадание аммиака в кровь и не допустить возникновения химических ожогов, выделяется большое количество слизи, которая покрывает жабры и отрицательно сказывается на процессах дыхания рыбы. Также токсические свойства аммиака могут снижать способность гемоглобина транспортировать кислород. Немаловажным фактором является то, что рыбы в емкостях с повышенным уровнем азотистых соединений ведут себя пассивно, малоподвижны, слабо питаются, что ведет к повышению кормового коэффициента корма и дополнительным экономическим затратам. Гидрохимический анализ показал, что в результате использования аквапонного модуля концентрация аммиак-аммония в среднем составила 1,1 мг/л, что более чем в 3 раза ниже, по сравнению с установкой с обычным биофилтром.

Таблица 2 – Гидрохимические показатели двух тестируемых систем

	pH		NH ₃ /NH ₄ ⁺ (мг/л)		NO ₂ ⁻ (мг/л)		NO ₃ ⁻ (мг/л)	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Исходные значения	7,4	7,6	0,4	0,5	–	–	–	–
	7,6	6,9	3,1	1,5	0,6	0,2	30	25
	7,6	7,0	2,8	1,3	0,6	0,1	34	30
	7,8	6,9	3,3	1,0	0,5	0,1	38	27
	7,7	7,3	3,9	1,5	0,5	0,1	40	25
	7,7	7,1	4,1	1,0	0,4	0,1	45	20
	7,7	6,9	3,8	0,8	0,4	0,2	51	20
	7,5	6,9	3,5	0,8	0,4	0,2	45	20
	7,6	7,2	3,8	1,0	0,5	0,1	40	15
	7,5	7,0	3,8	1,0	0,4	0,1	45	18
	7,8	7,1	4,3	1,2	0,4	0,2	48	22
	7,7	7,1	4,0	1,0	0,4	0,1	50	19
	7,7	6,9	3,9	0,8	0,5	0,1	50	25
	7,4	7,2	3,5	1,3	0,5	0,1	54	22
	7,6	7,1	3,8	1,2	0,4	0,1	55	20
	7,5	7,1	3,8	1,2	0,4	0,1	52	20
Среднее значение за месяц	7,63 ±0,03	7,05 ±0,03	3,69 ±0,10	1,10 ±0,06	0,46 ±0,02	0,13 ±0,01	45,13 ±1,92	21,87 ±0,99

Особые токсические свойства нитритов заключаются в метгемоглинообразующем действии. Окислительно-восстановительные реакции, происходящие при попадании нитритов в кровь, ведут к окислению дезоксигемоглобина и превращает его в метгемоглобин. Вследствие реакции, из-за акцептирования электронов, происходит восстановление NO_2^- до NO^- .



При реакции окиси азота с восстановленным гемоглобином происходит образование комплексов Hb-NO^- , которые являются стабильными [6, с. 59].

Нитриты, попадающие через жаберный аппарат, вызывают функциональную анемию, метгемоглобинемию, гемическую и гистотоксическую гипоксию. Все эти соединения приводят к нарушению метаболизма, перекисному окислению липидов, стрессам и ослаблению иммунитета. Использование АМ позволило снизить концентрацию нитритов более чем в 3,5 раза.

Длительное воздействие повышенных концентраций NO_3^- может вызвать у рыб «нитратный шок». У пораженных рыб начинает ерошиться чешуя, блекнет окрас, сжимаются и начинают гноиться плавники. Так же наблюдается пассивность, снижение аппетита и иммунитета. При использовании АМ удалось снизить концентрацию нитратов более чем в 2 раза. Изменение концентрации нитратов представлено на рисунке 2.

Именно концентрация нитратов показывает на то, что АМ обеспечивает снижение концентрации азотистых соединений: амми-

ак-аммоний и нитриты, в отличие от нитратов, могут быть преобразованы бактериями биофильтра. Для борьбы с нитратами на промышленных рыбоводных комплексах используется система подмены воды. В сутки сливается от 10 до 25 процентов используемой воды. Внедрение АМ позволит как минимум в 2 раза сократить расход воды, что положительно скажется на себестоимости выпускаемой продукции.

Заключение. В результате выполненной работы было установлено, что при использовании аквапонного модуля концентрация аммиак-аммония снизилась в 3,3 раза, концентрация нитритов снизилась в 3,5 раза, а нитратов – в 2,06 раза. Положительная динамика изменения гидрохимических показателей воды в УЗВ при использовании аквапонного модуля связана с тем, что растения развитой корневой системой потребляют азотистые соединения, идут более активные процессы по движению углеводистых веществ в системе, стабилизируется рН. Также корни растений являются отменным субстратом для поселения бактерий из биофильтра, что увеличивает их количество, а как следствие, и качество воды.

Аквапонный модуль позволил снизить концентрацию азотистых соединений при выращивании клариевого сома. При низких концентрациях азотистых соединений нами было установлено, что клариевый сом был активен, хорошо питался, случаев гибели или каннибализма зафиксировано не было.

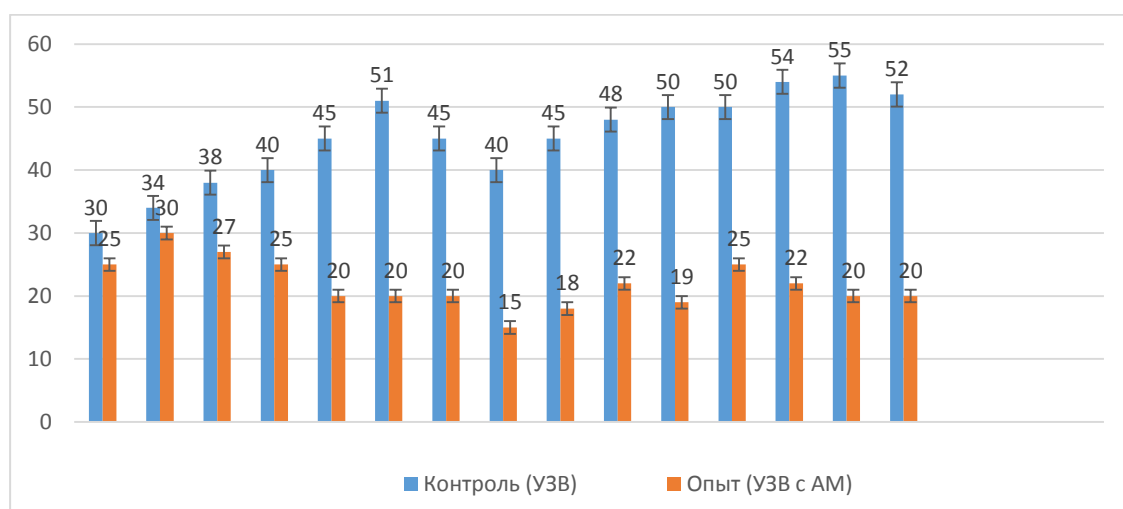


Рисунок 2 – Изменение концентрации нитратов (мг/л) в рыбоводных емкостях

Список литературы

1. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system/ E. Rakocy [et al.]. – Acta Horticulturae [etc.] : Brussels, 2004. – 16 S.
2. WP Мир Политика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mir-politika.ru>. – Дата доступа: 05.10.2018.
3. Аквавитро [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquavidro.org>. – Дата доступа: 10.10.2018.
4. Бондаренко, А. Б. Клариевый сом / А. Б. Бондаренко, Г. А. Сычев, В. В. Приз // Рыбоводство. – М., 2008. – № 1. – С. 30–31.
5. Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство / С.С. Григорьев – М.: Знамя, 2008. – 186 с.
6. Зданович, В. В. Интенсивность дыхания клариевого сома *Clarias gariepinus*: влияние температуры и массы тела / В. В. Зданович, В. Я. Пушкарь // Материалы 2-ой научной школы-конференции с участием стран СНГ. – Петрозаводск, 2007. – С. 59–60.
7. Золотова, З. К. Мировая аквакультура на рубеже столетий: статистика и прогнозы / З.К. Золотова // Сб. научных трудов ВНИИПРХ: Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – М., 2002. – Вып. 75. – С. 27–37.
8. Кириллова, Е. Гидропоника / Е. Кириллова. – М.: Росмэн-Пресс Серия, 2005. – 92 с.
9. Козырь, А. В. Влияние аквапонного NFT-модуля на содержание аммиака-аммония в теплопроводных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / А. В. Козырь, Т. В. Масайло, В. В. Ярмош // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XII междунар. молодежн. научн.-практ. конф., Пинск, 6 апр./ Полес. гос. ун-т.; ред.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2018. – Ч.3, – С. 170-172.
10. Лавровский, В. В. Рыбоводная установка / В. В. Лавровский, А. П. Завьялов // Рыбоводство и рыболовство. – 1999. – № 2. – 13 с.
11. Маилкова, А. В. Особенности морфологии африканского сома *Clarias gariepinus* / А. В. Маилкова, А. И. Никифоров // Естественные и технические науки. – 2006. – № 2. – С. 65–67.
12. Матишов, Г. Г. Инновационная биотехнология получения экологически чистой продукции аквабиокультуры в модульной установке замкнутого водоснабжения / Г. Г. Матишов, А. А. Кузов, Л. П. Ильина // Известия вузов. Северо-кавказский регион., Ростов-на-Дону. – Ч.3, – С. 41-48.
13. Микодина, Е. В. Биологические основы и биотехника аквакультуры африканского сомика *Clarias gariepinus* / Е. В. Микодина, Е. Н. Широкова // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – М.: ВНИЭРХ, 1997. – № 2. – С. 1–45.
14. Никаноров, А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров – М.: Прометей, 2001. – 56 с.
15. Овчинникова, Т. И. Выращивание африканского сома / Т. И. Овчинникова // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – М.: ВНИЭРХ, 1992. – Вып. 1. – С. 14–20.
16. Проскуренок, И. В. Замкнутые рыбоводные установки / И. В. Проскуренок. – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – 152 с.
17. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов – М.: Колос, 1997. – 169 с.
18. Тексье, У. Гидропоника для всех/ У. Тексье. – Париж: HydroScope, 2013. – 265 с.
19. Томеди, Э. М. Африканский сом / Э. М. Томеди, А.М. Тихомиров // Рыбоводство и рыболовство. – 2000. – № 4. – 14 с.

References

1. Rakocy E. et al. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system/ Acta Horticulturae [etc.] : Brussels, 2004, 16 p.
2. WP Mir Politika [World Politics]. (In Russian). Available at: <http://mir-politika.ru/> (accessed: 05.10.2018).
3. Aquavidro [Aquavidro]. (In Russian). Available at: <http://aquavidro.org> / (accessed: 10.10.2018).
4. Bondarenko A.B., Klariyevyy som [Clarium catfish]. *Rybovodstvo* [Fish farming]. Moskva [Moscow], 2008, no. 1, pp. 30-31(In Russian)
5. Grigor'yev S.S. *Industrial'noye rybovodstvo* [Industrial fish farming]. Moscow Media Znamya, 2008, 186 p. (In Russian)
6. Zdanovich V.V. Intensivnost' dykhaniya klariyevogo soma *Clarias gariepinus*: vliyaniye temperatury i massy tela [The intensity of respiration of the catfish *Clarias gariepinus*: the effect of temperature and body weight]. *Materialy 2-oy nauchnoy shkoly-konferentsii s uchastiyem stran SNG* [Proceedings of the 2nd scientific school-conference with the participation of the CIS countries.]. Petrozavodsk, 2007, pp. 59-60. (In Russian)

7. Zolotova Z.K. Mirovaya akvakul'tura na rubezhe stoletiy: stati-stika i prognozy [World aquaculture at the turn of the century: statistics and forecasts]. *Sb. Nauchnykh trudov VNIIPRKH: Aktual'-nyye voprosy presnovodnoy akvakul'tury* [Sat. scientific papers VNIIPRH: Actual issues of freshwater aquaculture.]. Moscow, 2002, pp. 27-37. (In Russian)
8. Kirillova Y.E. *Gidroponika* [Hydroponics]. Moscow, Media Rosmen-Press Seriya, 200, 92 p. (In Russian)
9. Kozyr A.V. Vliyaniye akvaponnogo NFT-modulya na sodержaniye ammiak-ammoniya v teplovodnykh ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya pri vyrashchivaniy klariyevogo soma (*Clarias gariepinus*) [he influence of the aquapone NFT – module on the ammonia – ammonium content in warm-water installations of a closed water supply when growing the catfish (*Clarias gariepinus*)]. *Nauchnyy potentsial molodezhi – budushchemu Belarusi: materialy XII mezhdunar. Molodezhn. Nauchn.–prakt. Konf.* [The scientific potential of young people – the future of Belarus: materials of the XII Intern. Youth scientific-practical. Conf., Pinsk]. Pinsk, 2018, pp. 170-172. (In Russian)
10. Lavrovskiy V.V. *Rybovodnaya ustanovka* [Fish farm]. Saint Petersburg, 1999, 13 p. (In Russian)
11. Maikova A.V., Nikiforov A.I. Osobennosti morfologii afrikanskogo soma *Clarias gariepinus* [Features of the morphology of the African catfish *Clarias gariepinus*]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences], 2006, no. 2, pp. 65-67 (In Russian)
12. Matishov G.G., Kuzov A.A., Il'ina L.P. Innovatsionnaya biotekhnologiya polucheniya ekolo-gicheski chistoy produktsii akvabio-kul'tury v modul'noy ustanovke zamknutogo vodosnabzheniya [Innovative biotechnology for obtaining ecologically clean aquaculture products in a modular water supply system]. [Proceedings of universities. North Caucasus region], 2009, no. 3, pp. 41-48 (In Russian)
13. Mikodina Ye.V. Biologicheskiye osnovy i biotekhnika akvakul'tury afrikanskogo somika *Clarias gariepinus* [Biological basis and biotechnology of African catfish in aquaculture]. *Rybnoye khozyaystvo. Seriya: Akvakul'tura* [Fisheries. Series: Aquaculture]. Moscow, 1997 pp. 1-45. (In Russian)
14. Nikanorov A.M. *Hydrochemistry* [Hydrochemistry]. Moscow, Media Prometheus, 2001, 56 p. (In Russian)
15. Ovchinnikova T.I. *Vyrashchivaniye afrikanskogo soma* [Growing African catfish]. Moscow, Media VNIERKH, 1992, 14-46 p. (In Russian)
16. Proskurenko I. V. *Zamknutyrye rybovodnyye ustanovki* [Closed fish-breeding plants]. Moscow, Media VNIRO, 2003, 152 p. (In Russian)
17. Smirnov P. M. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. Moscow, Media Kolos, 1997, 169 p. (In Russian)
18. Teks'ye U. *Gidroponika dlya vseh* [Hydroponics for all]. Paris, Media HydroScope, 2013, 265 p. (In Russian)
19. Tomedi E.M. *Afrikanskiy som* [African catfish]. Moscow, Media Rybovodstvo i rybolovstvo, 2000, 140 p. (In Russian)

Received 15 April 2019